

ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ ІННОВАЦІЙНОГО ПРОЕКТУ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКИХ МНОЖИН

*О.А. Андренко, к.е.н., доцент
Харківський національний університет
міського господарства імені О.М. Бекетова
О.С. Мордовцев, к.е.н., старший викладач
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

Останнім часом при дослідженні інвестиційно-інноваційної діяльності промислових підприємств застосовуються підходи до оцінки ризиків, засновані на використанні нечітко-множинних моделей. Практична оцінка і прогнозування ризиків передбачає вирішення проблеми в умовах невизначеності з урахуванням імовірнісних сценаріїв. Метою дослідження є вдосконалення підходу до оцінки та прогнозування інноваційних ризиків підприємства на основі теорії нечітких множин.

Процес впровадження інновацій безпосередньо пов'язано з розробкою, інвестуванням й впровадженням будь-якого інноваційного проекту. Вже на стадії інвестування проекту учасники стикаються з непереборною інформаційною невизначеністю, яка тягне непереборний ризик прийняття інвестиційних рішень. Ймовірність того, що інноваційний проект, який за оцінками експертів було визнано успішним, в кінцевому підсумку може виявитися збитковим через вплив зовнішніх і внутрішніх факторів досить велика. Інвестор ніколи не буде мати у своєму розпорядженні всеосяжної оцінкою ризику, тому що число факторів, що впливають завжди перевищує можливості персоналу, який бере управлінські рішення. У цій ситуації можливий розвиток песимістичного сценарію розвитку, який може негативно вплинути на інноваційний процес. Тому навіть в умовах такої невизначеності зацікавлені особи зобов'язані контролювати ситуацію та прогнозувати ризики в процесі реалізації проекту. Інструментом, який дозволяє оцінювати очікувані ризики в умовах невизначеності, є теорія нечітких множин.

Для прогнозування ступеня ризику введемо в розгляд два трикутних нечітких множин: E – передбачуване значення досліджуваного показника (expected value); B – показник, що характеризує граничні умови проекту (border conditions). У якості E і B можна, наприклад, вибирати: NPV – чисту сучасна цінність проекту; PI – індекс рентабельності інвестицій; RII – внутрішню норми

прибутковості та інші параметри, що характеризують певні інноваційні ризики на всіх стадіях інноваційного процесу.

При використанні нечітко-множинних моделей в основному використовувалися трикутні функції приналежності. Незважаючи на очевидну простоту використання таких функцій, трикутні функції приналежності не задовольняють аксіомам Шваба, які передбачають безперервність функцій приладдя разом з першою і другою похідною, а також мінімальності їх кривизни.

Для оцінки ризиків пропонується використовувати гауссову функцію приналежності. Перевагою гауссом функції приналежності є її безперервність та диференціємність. До недоліків слід віднести її симетричність, що не завжди зручно при практичному використанні, а також необхідністю завдання обмеженого носія. Запропоновано функції виду

$$\mu_E = e^{-\frac{(E-E_o)^2}{\lambda_E^2} \ln \alpha_o}; \quad \mu_B = e^{-\frac{(B-B_o)^2}{\lambda_B^2} \ln \alpha_o}, \quad (1)$$

де E_o, B_o – модальні значення функцій, відповідне $\sup(\mu) = 1$; λ_E, λ_B – параметри, що задають вузлові точки функцій приналежності, які обмежують їх носій; α_o – мінімальний рівень зрізу.

Розглянуто два випадки відносного розташування функцій: випадок 1 $B_o < E_o$; випадок 2 $E_o < B_o$. У першому випадку підсумковий інвестиційний ризик R дорівнює

$$R_1 = \frac{E_o - B_o}{2\lambda_E} \sqrt{\pi |\ln \alpha_o|} \cdot (\operatorname{erf}(\sqrt{|\ln \alpha_{11}|}) - \operatorname{erf}(\sqrt{|\ln \alpha_o|}) + \frac{\alpha_{11} - \alpha_o}{2}); \quad (2)$$

$$R_2 = \frac{1}{8\lambda_E \lambda_B} \left[(B_o - E_o)^2 \ln(\alpha_o) \cdot (li(\alpha_{12}) - li(\alpha_{11})) + (\lambda_E + \lambda_B)^2 (\alpha_{12} - \alpha_{11}) + \right. \\ \left. + 2(E_o - B_o)(\lambda_E + \lambda_B) \sqrt{\pi |\ln \alpha_o|} (\operatorname{erf}(\sqrt{|\ln \alpha_{12}|}) - \operatorname{erf}(\sqrt{|\ln \alpha_{11}|}) \right]; \quad (3)$$

$$R = R_1 + R_2, \quad (4)$$

де $\operatorname{erf}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-u^2} du = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k z^{2k+1}}{(2k+1) \cdot k!}$ – функція помилок;

$li(z) = \int_0^z \frac{d\alpha}{\ln \alpha} = \gamma + \ln |\ln(z)| + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\ln^k z}{k \cdot k!}$ – інтегральний логарифм;

$$\alpha_{11} = e^{\frac{(E_o - B_o)^2}{(\lambda_B - \lambda_E)^2} \ln \alpha_o}; \quad \alpha_{12} = e^{\frac{(E_o - B_o)^2}{(\lambda_E + \lambda_B)^2} \ln \alpha_o}$$

На основі отриманих формул проведені розрахунки ризику інвестування інноваційного проекту, з використанням індексу рентабельності інвестицій, який,

в нашому випадку, є нечітка множина $E = PI$. Планується інвестувати в інноваційний проект з параметрами: $T = 3$ р.; розмір стартових інвестицій $I = (100, 100, 100)$ тис. грн; ставка дисконтування r (10%; 15%; 20%); планований чистий грошовий потік CF_1 (0; 0; 0), CF_2 (35; 90; 120), CF_3 (80; 130; 180) тис. грн; залишкова (ліквідаційна) вартість проекту дорівнює нулю. Інвестиційний проект визнається ефективним, якщо індекс рентабельності інвестицій PI перевищує граничний рівень B . В результаті визначені $E_o = PI_o = 1,5$; $\lambda_E = 0,8$. В результаті розрахунків за формулами (1-3) при $B_o = 1$; $\lambda_B = 0,8$, $\alpha_o = 0,02$ отримано: **$\alpha_{11} = 0,066$; $\alpha_{12} = 0,376$; $R_1 = 0,71\%$; $R_2 = 4.59\%$** . Таким чином, очікуваний підсумковий інвестиційний ризик склав $R = 2\%$, тобто інвестиційні проект можна прийняти.

У другому випадку, використовуючи дані прикладу, при $B_o = 1,6 > E_o$, підсумковий ризик складе **$R^* = 67,7\%$** .

Дослідження залежностей ризику від параметрів, що характеризують інвестиційний проект, дозволяє потенційним інвесторам і розробникам прогнозувати можливі сценарії інвестиційного процесу і приймати обґрунтовані управлінські рішення щодо доцільності впровадження та реалізації проекту.